

**ANALISIS HASIL PENGUJIAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR  
TENAGA DI GARDU INDUK SRAGEN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**ARIE HANANDYA TRIE PRASETYA**

**D 400 15 0003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS HASIL PENGUJIAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR TENAGA  
DI GARDU INDUK SRAGEN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh

**ARIF HANANDYA TRIE PRASETYA**  
**D 400 150 003**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen pembimbing



Agus Supardi, S.T,M.T.  
NIK : 884

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISIS HASIL PENGUJIAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR**  
**TENAGA DI GARDU INDUK SRAGEN**

Oleh

**ARIF HANANDYA TRIE PRASETYA**  
**D 400 150 0003**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari 22 Januari 2019  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji:**

1. Agus Supardi, S.T.M.T.  
(Ketua dewan penguji)
2. Tindyo Prasetyo, S.T  
(Anggota 1 dewan penguji)
3. Ir.Jatmiko, M.T.  
(Anggota 2 dewan penguji)

(  )

(  )

(  )

Dekan,

  
  
**Ir. Sri Sunarjono, M.T, PhD..**  
**NIK. 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Januari 2019  
Penulis



ARIF HANANDYA TRIE PRASETYA  
D 400 150 003

# ANALISIS PENGUJIAN BUSHING PADA TRANSFORMATOR TENAGA DI GARDU INDUK SRAGEN

## Abstrak

Transformator daya merupakan peralatan penting dalam sistem tenaga listrik yang berhubungan langsung dengan sistem transmisi dan distribusi. Salah satu bagian penting dari transformator tenaga adalah bushing. Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Seiring dengan usia dan waktu pengoprasiannya kondisi bushing dapat mengalami pemburukan yang dapat mengakibatkan kegagalan fungsi dan kerusakan pada transformator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi pada transformator khususnya pada belitan dan bushing. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini berupa studi literatur yang digunakan penulis untuk memperdalam materi terkait dengan judul penelitian dan pengambilan data di gardu induk Sragen. Data yang di ambil berupa hasil pengujian tangen delta. Setelah data terkumpul akan dilakukan perhitungan dan dianalisis untuk mendapatkan hasil. Menghitung tangen delta bertujuan untuk mengetahui apakah kualitas isolasi pada setiap belitan trafo dan juga bushing masih dalam kondisi yang baik. Hasil pengujian pada gardu induk Sragen menunjukkan nilai tangen delta di seluruh belitan transformator dalam kondisi baik dengan nilai rata-rata sebesar 0,16%. Hasil pengujian isolasi bushing menunjukkan nilai tangen delta di seluruh bushing dalam kondisi baik dengan nilai rata-rata 0,44%.

**Kata Kunci:** Pengujian Bushing, Tangen Delta, Transformator Tenaga

## Abstract

Power transformers are important equipment in electric power systems that are directly related to transmission and distribution systems. One important part of the power transformer is bushing. Bushing is a means of connecting between windings and outside networks. Along with the age and operation time the bushing condition can experience deterioration which can lead to malfunction and damage to the transformer. This study aims to determine the conditions of isolation in the transformer, especially in windings and bushings. The method used in this study is a literature study used by the author to deepen the material related to the title of research and data collection at the Sragen substation. The data taken is in the form of testing the delta tangent. After the data collected will be calculated and analyzed to get results. Calculating the delta tangent aims to determine whether the quality of insulation in each transformer turns and also the bushings are still in good condition. The test results at the Sragen substation showed delta tangen values in all transformer windings in good condition with an average value of 0.16%. The results of isolation bushing test indicate the value of tangent delta in all bushings in good condition with an average value of 0.44%.

**Keywords:** testing bushing, tangen delta, power transformer.

## 1. PENDAHULUAN

Pada saat ini permintaan masyarakat terhadap listrik semakin hari semakin meningkat. Dibutuhkan alat atau perlengkapan kelistrikan yang handal untuk memenuhi permintaan masyarakat akan listrik, sehingga perencanaan terhadap pengawasan dan pemeliharaan

peralatan listrik guna meningkatkan kehadalan sangat mutlak dibutuhkan. Penggunaan teknologi canggih terus digunakan, sehingga penduduk Indonesia mendapat pasokan listrik setiap harinya. Gardu induk memiliki teknologi yang membantu menyalurkan energi listrik lalu didistribusikan ke konsumen seperti transformator tenaga.

Transformator adalah perangkat yang menyalurkan energi dari satu rangkaian ke rangkaian yang lain melalui sebuah bidang magnet (Harlow, 2006). Seperti yang diketahui transformator berkerja berdasarkan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorenz. Faraday mengatakan bahwa gaya gerak listrik terinduksi di dalam rangkaian tertutup adalah sama dengan negatifnya laju waktu dari perubahan fluks magnetik yang tertutup di dalam rangkaian. Hukum Lorenz mengatakan bahwa pada semua kejadian induksi elektromagnetik, suatu tegangan yang diinduksikan akan menyebabkan mengalirnya arus listrik dalam suatu rangkaian dengan arah yang ada, sehingga medan magnet yang diakibatkan arus itu akan melawan perubahan yang menghasilkan arus tersebut. Desain dari transformator sangat bergantung mulai dari range aplikasi, konstruksi, daya dan level tegangannya. Pada dasarnya transformator berfungsi mengubah daya listrik arus bolak balik (AC) pada suatu level tegangan ke level tegangan yang berbeda, berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik tanpa mengubah frekuensinya. Transformator juga memiliki peranan penting dalam pendistribusian listrik dari PLN ke MES (*Media Energy Supply*) sampai ke gedung – gedung pengguna daya listrik dari PLN (Suripto, 2016). Terdapat komponen utama yang perlu mendapatkan perhatian khusus pada transformator yaitu bushing. Bushing merupakan sebuah konduktor yang berfungsi menghubungkan jaringan luar dengan kumparan luar dan mendistribusikan ke konsumen. Bushing diselubungi oleh isolator yang berfungsi sebagai pengaman hubung singkat antara konduktor bushing dengan tangki transformator. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan *body main tank* transformator (Fadly, 2014).

Pengujian bushing transformator merupakan tahapan terpenting sebelum alat tersebut digunakan setiap harinya, karena bushing merupakan peralatan listrik di mana fungsinya merupakan titik persambungan sehingga dapat memungkinkan aliran listrik mengalir dari ataupun ke peralatan tenaga listrik. Penilaian hidup bushing sangat penting ketika mencapai usia 20-25 tahun (Mehta et al., 2011) dengan adanya pengujian bertujuan mengetahui kinerja dari alat yang diuji, apakah dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan sesuai dengan apa yang ditargetkan, serta dari hasilnya dapat diketahui kelebihan dan kekurangan dari alat yang diuji. Pengujian bushing di gardu induk Sragen meliputi metode isolasi bushing dan pengujian tangen delta. Metode isolasi bushing merupakan metode dengan memberi isolasi kertas khusus pada



konduktor bushing sementara pengujian tangen delta pada bushing dilakukan agar mengetahui kondisi tahanan isolasi pada bushing.

## 2. METODE

### 2.1 Rancangan Penelitian

Sebelum melaksanakan penelitian perlu membuat rancangan penelitian. Setiap langkah dan tujuan dapat dilakukan dengan baik penulis membuat rancangan penelitian dengan 3 tahap sebagai berikut :

#### 1) Studi literatur

Tahap satu penulis melakukan studi literature untuk mencari referensi-referensi materi penelitian, permasalahan dan mempelajari materi tersebut dengan cara mencari di buku-buku atau melakukan wawancara dengan narasumber agar menjadi referensi dari penelitian yang di laksanakan.

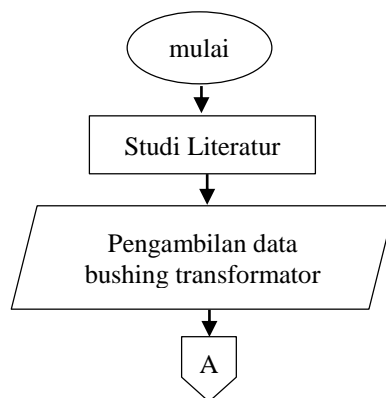
#### 2) Pengumpulan data

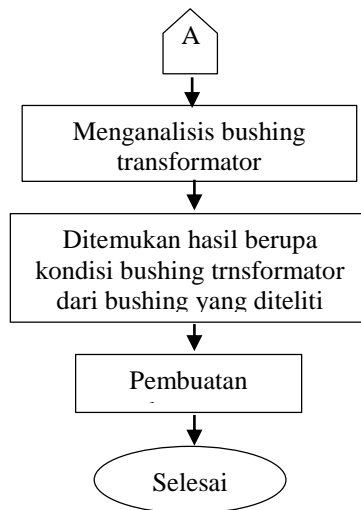
Tahap kedua yaitu pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data di PT. PLN (Persero) gardu induk Sragen. Data diperoleh dengan cara mengikuti prosedur sesuai yang dijelaskan instansi, yaitu dengan mengirim surat izin untuk pengambilan data dari pihak universitas. Lalu menunggu balasan dari instansi terkait, setelah mendapatkan surat balasan barulah dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian. Data yang dibutuhkan yaitu berupa data bushing transformator tenaga yang terpasang.

#### 3) Analisis data

Tahap ketiga yaitu analisis data yang dilakukan setelah proses pengambilan data di PT. PLN (Persero) gardu induk Sragen. Data-data tersebut akan diubah menjadi bentuk matematis dan dianalisis menggunakan persamaan yang ada. Dalam menganalisis data yang didapatkan tidak menggunakan metode tertentu, melainkan menggunakan perhitungan biasa dan melakukan analisis perhitungan tangen delta yang bertujuan memastikan kecocokan hasil uji coba dan hasil perhitungan.

### 2.2 Flowchart penelitian





Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan analisis pengujian bushing dari penelitian ini meliputi data transformator tenaga, analisis metode isolasi bushing, data bushing, analisis pengujian dan perhitungan tangean delta di gardu induk Sragen.

#### 3.1 Data transformator tenaga

Tabel 1. *Name plate transformer*

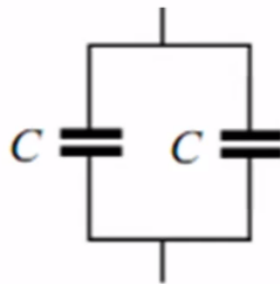
<b>Company</b>	<b>PL TJBT</b>	<b>Serial Number</b>	<b>P060LEC764-02</b>
<b>Location</b>	GI Sragen	Special ID	Trafo 2
<b>Division</b>	BC Surakarta	Circuit Designation	Bay Trafo 2
<b>Manufacturer</b>	A	Configuration	Y-Y-D
<b>Yr.Manufactured</b>	2014	Tank Type	SEALED-CONSER
<b>Mfr.Location</b>	INDONESIA	Class	ONAN/ONAF
<b>Winding Config.(H-L)</b>	Wye-Wye	Coolant	IOL
<b>Winding Config.(H-L)</b>	Wye-Delta	Oil Volume	18.5 TN
<b>Winding Config.(L-T)</b>	Wye-Delta	Weight	110 TN
<b>Phase</b>	3	BIL	650 kV
<b>kV</b>	150,20,12	VA Rating	60,60,20, MVA

#### 3.2 Isolasi bushing

Isolasi adalah salah satu persoalan yang memegang peranan penting dalam teknik tenaga listrik, terutama pada persoalan tegangan tinggi. Isolasi pada tegangan tinggi yang dimaksud adalah suatu bahan yang dapat menghindarkan suatu peralatan dari kerusakan akibat lompatan arus dari suatu konduktor ke konduktor lainnya. Isolasi murni bertindak sebagai kapasitor, sehingga



dalam isolasi hanya terdapat nilai kapasitansi. Isolasi pada bushing adalah sebuah metode pengamanan bushing agar terhindar dari panas yang disebabkan arus mengalir secara terus menerus serta merupakan pemisah antara konduktor bushing dengan dinding peralatan tersebut. Isolasi pada bushing terdiri dari 2 jenis yaitu *oil impregnated paper* dan *resin impregnated paper*. Isolasi tipe *oil impregnated paper* yang digunakan adalah isolasi kertas dan minyak isolasi. Pada tipe *resin impregnated paper* yang digunakan adalah kertas isolasi dan resin (Sadewo, 2016).



Gambar 2. Isolasi murni

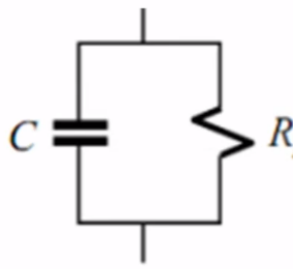
### 3.3 Data bushing

Tabel 2. Name plate bushing

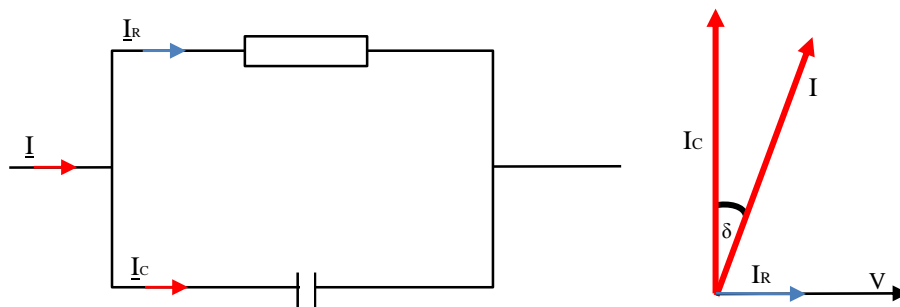
Dsg	Serial	Mfr	Type	C <sub>1</sub> (%)	C <sub>1</sub> (pF)	C <sub>2</sub> (%)	C <sub>2</sub> (pF)	Tegangan (kV)	Arus (A)	Year
H1	HH03038502	P&V	PNO	0,31	282,3	-	1503	170	800	2015
H2	HH0338506	P&V	PNO	0,31	282,6	-	1545	170	800	2015
H3	HH0338504	P&V	PNO	0,32	283,6	-	1628	170	800	2015

### 3.4 Analisis dan Perhitungan Tangen Delta

Tangen delta atau yang sering disebut *loss angle* atau pengujian faktor disipasi adalah metode diagnostik secara elektikal untuk mengetahui kondisi isolasi. Dilakukannya pengujian tangen delta pada bushing memiliki tujuan untuk mengetahui kondisi karakteristik isolasi pada sebuah bushing dan belitan transformator masih memenuhi standar atau sudah tidak layak untuk digunakan (Mustafa et al., 2017). Sifat isolasi tidak selalu murni, Isolasi yang terkontaminasi nilai tahanan dari isolasi berkurang dan berdampak pada tingginya arus resistif yang melewati isolasi tersebut.



Gambar 3. Isolasi yang kontaminan



Gambar 4. Gambar rangkaian ekivalen isolasi dan diagram phasor arus tangen delta

Arus dan tegangan pada isolasi murni bergeser  $90^\circ$ . Arus yang melewati isolasi murni merupakan arus kapasitansi yaitu mengarah ke atas ( $I_C$ ). Pada isolasi yang terkontaminan akan muncul arus resistif ( $I_R$ ) yang akan membentuk sudut baru yaitu arus gabungan dari  $I_R/I_C$  sehingga muncul sudut tangen delta. Semakin banyak kontaminan maka semakin besar arus resistif dengan kata lain semakin besar nilai tangen delta akan semakin buruk nilai tahanan isolasinya. Pengujian tangen delta ini merupakan metode UST, yaitu pengujian ini digunakan pada bushing yang tersambung dengan beberapa peralatan lain yang berada di dalam atau di luar transformator di mana peralatan tersebut tidak terpengaruh dengan tap kapasitansi, *tap power fatcor* atau *flanger bushing* yang dapat dipisahkan dari tangki yang diketanahkan. Pada pengujian tangen delta biasanya isolasi diuji dengan menggunakan tegangan 10 kV yang diinjeksi ke bushing fase R, S, T yang berada pada bagian primer transformator. Hasil pengujian tangen delta dibawah 0,5% menunjukkan bahwa kondisi isolasi utama bushing masih dalam kondisi baik. Hasil pengujian menunjukkan di atas 0,5% itu berarti kondisi bushing perlu dilakukan pengecekan lanjutan atau bahkan mengganti bushing tersebut (Badaruddin., 2016).

Tabel 3, Data hasil pengujian tangen delta pada belitan transformator

Measurements	Tegangan (kV)	Arus (mA)	Daya (Watt)	Tangen $\delta$ (%)	Kapasitansi (pF)
CH+CHL	10	37,573	0,7480	0,19	12080,2
CH	10	18,610	0,4180	0,20	5983,5
CHL(UST)	10	16,063	0,2710	0,16	5164,7
CHL	10	18,963	0,330	0,16	6096,7

Keterangan tabel pengukuran tangen delta di atas:

CH : *Capacitance high* ( kapasitansi belitan primer dengan *ground*)

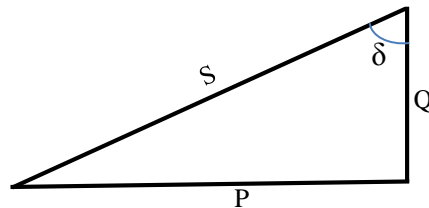
CHL : *Capacitance high low* (kapasitansi belitan primer dengan sekunder)

Dalam rangkaian pengukuran tangen delta ada beberapa pengukuran yaitu:

UST : *Ungrounded Specimen Test* (Uji tidak diketanahkan)

GST : *Grounded Speciment Test* (Uji diketanahkan)

GSTg : *Grounded Specimen test with guard* (Uji terhadap *guard*)



Gambar 4. Segitiga daya

Berdasarkan segitiga daya pada gambar .4 dapat didapatkan rumus tangen  $\delta$  berikut ini:

$$\text{tangen } \delta = \frac{P}{Q} \quad (1)$$

Rumus penurunan sebagai berikut:

$$S = V \times I \quad (2)$$

$$I = \frac{V}{Z} \quad (3)$$

Tangen delta dapat dicari menggunakan persamaan berikut ini :

$$S = \frac{V^2}{Z} \quad (4)$$

$$Z = \frac{V^2}{S} \quad (5)$$

$$Xc = \frac{V^2}{Q} \quad (6)$$

Untuk mencari Xc digunakan persamaan berikut :

$$Xc = \frac{1}{\omega C} \quad (7)$$

Substitusi persamaan (4) ke persamaan (3) menghasilkan:

$$Q = \frac{V^2}{X_c} = \frac{V^2}{\frac{1}{\omega C}} = V^2 \omega C \quad (8)$$

Sehingga, rumus tangen delta sebagai berikut:

$$\text{tangen } \delta = \frac{P}{Q} \times 100 = \frac{P}{V^2 \omega C} \times 100 \quad (9)$$

Keterangan :

$\delta$  = delta

P = daya (watt)

V = tegangan (volt)

C = kapasitansi (F)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

berdasarkan rumus tersebut dapat dilakukan perhitungan data hasil pengujian tangen delta pada belitan transformator GI Sragen pada tabel .3 dilakukan sebagai berikut:

1) CH + CHL

Diketahui :

P = 0,7480 Watts

V = 10 kV = 10.000 Volt

$\omega$  =  $2\pi f$

C = 12080,2 pF =  $12080,2 \times 10^{-12}$  F

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,7480 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 12080,2 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,19\%$$

2) CH

Diketahui :

P = 0,4180 Watts

V = 10 kV = 10.000 Volt

$\omega$  =  $2\pi f$

C = 5983,5 pF =  $5983,5 \times 10^{-12}$  F

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,4180 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 5983,5 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,20\%$$

### 3) CHL(UST)

Diketahui :

$$P = 0,2710 \text{ Watts}$$

$$V = 10 \text{ kV} = 10.000 \text{ Volt}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$C = 5164,7 \text{ pF} = 5164,7 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,2710 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 5164,7 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,16\%$$

### 4) CHL

Diketahui :

$$P = 0,330 \text{ Watts}$$

$$V = 10 \text{ kV} = 10.000 \text{ Volt}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$C = 6096,7 \text{ pF} = 6096,7 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,330 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 6096,7 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,12\%$$

Hasil perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan semua kondisi belitan transformator masih dalam kondisi baik sesuai standar pengujian tangen delta. Standar pengujian tangen delta adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Standar pengujian tangen delta

Hasil Uji	Kondisi
$\leq 0,5 \%$	Bagus
$0,5-0,7 \%$	Mengalami penurunan
$\geq 1,0 \%$	Jelek

Tabel 5. Data hasil pengujian tangen delta pada bushing C<sub>1</sub>

ID	Serial	NP CAP (pF)	Tegangan uji (kV)	Arus (mA)	Daya (watt)	Tangen $\delta$ (%)	Kapasitansi (pF)
H1	HH03038502	282,3	10	0,8540	0,0380	0,44	274,47
H2	HH0338506	282,6	10	0,8630	0,0390	0,45	277,61
H3	HH0338504	283,6	10	0,8650	0,0360	0,42	278,09

Analisis perhitungan pada bushing dilakukan untuk membandingkan perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengujian. Perhitungan dilakukan di semua bushing fase yaitu fase R, fase S dan fase T.

Perhitungan data hasil pengujian tangen delta pada bushing GI Sragen pada tabel .5 dilakukan sebagai berikut:

1) Bushing fase R :

Diketahui :

$$P = 0,0380 \text{ Watts}$$

$$V = 10 \text{ kV} = 10.000 \text{ Volt}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$C = 274,47 \text{ pF} = 274,47 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,0380 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 274,47 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,44\%$$

Hasil dari pengujian tangen delta pada bushing fase R adalah 0,44 % yang menunjukkan bahwa bushing pada fase tersebut masih dalam kondisi baik dan layak digunakan.

2) Bushing fase S :

Diketahui :

$$P = 0,0220 \text{ Watts}$$

$$V = 10 \text{ kV} = 10.000 \text{ Volt}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$C = 271,61 \text{ pF} = 271,61 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,0390 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \text{ Hz} \times 271,61 \times 10^{-12} \text{ F}} \times 100 = 0,45\%$$

Hasil dari pengujian tangen delta pada bushing fase S adalah 0,45 % yang menunjukkan bahwa bushing pada fase tersebut masih dalam kondisi baik dan layak digunakan.

3) Bushing fase T :

Diketahui :

$$P = 0,0360 \text{ Watts}$$

$$V = 10 \text{ kV} = 10.000 \text{ Volt}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$V = 278,09 \text{ pF} = 278,09 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$\text{tangen } \delta = \frac{0,0360 \text{ watt}}{10.000 \text{ volt}^2 \times 2 \times 3,14 \times 50 \times 278,09 \times 10^{-12} F} \times 100 = 0,42\%$$

Hasil dari pengujian tangen delta pada bushing fase T adalah 0,42 % yang menunjukkan bahwa bushing pada fase tersebut masih dalam kondisi baik dan layak digunakan.

Hasil perhitungan yang sudah dilakukan menunjukkan semua kondisi bushing masih dalam kondisi baik sesuai standar pengujian tangen delta. Standar pengujian tangen delta adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Standar pengujian tangen delta

Hasil Uji	Kondisi
$\leq 0,5 \%$	Bagus
0,5-0,7 %	Mengalami penurunan
$\geq 1,0 \%$	Jelek

#### 4. PENUTUP

Hasil penelitian analisis hasil pengujian bushing yang telah dilakukan di gardu induk Sragen dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Hasil pengujian belitan transformator dalam keadaan baik dengan nilai kurang dari 0,5%
- 2) Hasil seluruh pengujian tangen delta bushing kurang dari 0,5% sehingga dapat dinyatakan dalam kondisi baik dan layak untuk digunakan.
- 3) Hasil dari pengujian bushing disetiap fasenya menghasilkan nilai tangen delta yang berbeda- beda.
- 4) Hasil dari pengujian metode tangen delta bay tranformator 2 pada gardu induk Sragen dapat disimpulkan bahwa transformator dalam keadaan baik.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut :

- 1) Terima Kasih kepada Allah SWT dengan pertolongan dan rahmatnya sehingga penulis bisa menyelesaikan mata kuliah tugas akhir.
- 2) Terima kasih kepada keluarga terutama ibu yang selalu mendukung penulis dengan doa dan nasehatnya.
- 3) Terima kasih kepada bapak Agus supardi yang telah memberi bimbingan penulis hingga dapat menyelesaikan tugas akhir.



- 4) Terima kasih kepada Bapak dan Ibu dosen teknik elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang sudah memberi banyak ilmu teori maupun praktek.
- 5) Terima kasih kepada kuliah terutama teman-teman kelas A yang telah menemani penulis dan membantu.
- 6) Teman-teman seperjuangan angkatan 2015 yang selalu berjuang untuk wisuda.
- 7) Terima kasih kepada Bapak Sukari selaku supervisor GI Sragen yang sudah memberi ilmu tentang penelitian ini.
- 8) Terima kasih kepada Alifia Ardia Zalfa yang telah memberi dorongan serta semangat sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
- 9) Serta pihak lain mohon maaf sebesar-besarnya jika saya tidak bisa menyebutkan satu per satu semua yang telah memberikan dukungan, bantuan dan doa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badaruddin, 2016, *Penilaian Kondisi Transformator Daya Pada PT.X*, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Mercu Buana, Oktober 2016.
- Fadly, 2014, *Analisa Pengujian Tahanan Isolasi Trafo Daya 10MVA 70/20KV Pada Gardu Induk Talang Ratu PT.PLN (Persero) Palembang*, Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya, Juli 2014.
- Harlow James H, 2011, *Electrical Power Transformer Engineering Volume 01*, CRC Press, LLC, US, Page 12-20.
- Mehta. Amita, R. N. Sharma, Sushil Chauhan and S. D. Agnihotri, 2011, *Study the Insulation System of Power Transformer Bushing*, International Journal of Computer and Electrical Engineering, Vol. 3, No. 4.
- Mustafa, Fajli., Muhammad, Ihsan., & Shaga, Saulagara, 2017, *The Through Fault Current Effect of 150/20 kV Transformer to Its Insulation Resistance and Tan Delta Test in PT. PLN (Persero) TJBB APP Durikosambi*. International Conference on High Voltage Engineering and Power System. 978-1-5386-0945-3/17 IEEE . Bali, Indonesia.
- Suripto, 2016, *Pengujian Karakteristik Minyak Transformator Gedung 72 Batan Serpong*, Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir- BATAN Gedung 71, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang Selatan, November 2016.
- Wang, Zhigao., Xinghai zhang., Fangqiang Wang., Xinsheng Lan., & Yiqian Zhou, 2016, *Effect of Aging on The Structural, Mechanical, and Thermal Properties of the Silicone Rubber*

*Current Transformer Insulation Bushing for a 500 kV Substation.* Wang et al. SpringerPlus 5:790.